

VŠB – Technická univerzita Ostrava

Fakulta strojní

Katedra obrábění a montáže

**Návrh technologického postupu výroby profukovacích válců  
papírenského stroje ve firmě HAJDO, s.r.o. Litovel**

*Technological process proposal of paper machine blow  
cylinder in HAJDO, s.r.o. Litovel.*

Student:

Ondřej Vortel

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Robert Čep, Ph.D.

Ostrava 2009

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě:.....

.....

Ondřej Vortel

Prohlašuji, že:

- jsem byl seznámen s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. - autorský zákon, zejména § 35 - užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 - školní dílo.
- беру на ве́доміі, že Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava (dále jen VŠB - TUO) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě bakalářskou práci užít (§35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že jeden výtisk bakalářské práce bude uložen v Ústřední knihovně VŠB - TUO k prezenčnímu nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího bakalářské práce. Souhlasím s tím, že údaje o bakalářské práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB – TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB - TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo - bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB - TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB - TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- беру на ве́доміі, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 11/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě:.....

.....

Ondřej Vortel

Příčná 423

784 01 Červenka

## **ANOTACE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE**

VORTEL, O. *Návrh technologického postupu výroby profukovacích válců papírenského stroje ve firmě HAJDO, s.r.o. Litovel.* Ostrava : Katedra obrábění a montáže, Fakulta strojní VŠB – Technická universita Ostrava, 2009. 46 s. Bakalářská práce, vedoucí : ČEP, R.

Bakalářská práce se zabývá výrobou speciálních profukovacích válců, které jsou součástí linek papírenských strojů v podmínkách firmy HAJDO spol. s.r.o. V úvodu jsou popsány technologie, které lze použít při jejich výrobě. Dále jsou navrženy jednotlivé kroky postupu výroby s vhodnými stroji a nástroji. V závěru práce je celkové zhodnocení jak po stránce časové, tak i po stránce finanční. V příloze je uvedena výkresová dokumentace potřebná pro zhotovení jednotlivých dílů.

## **ANOTATION OF THE BACHELOR THESIS**

VORTEL, O. *Technological process proposal of paper machine blow cylinder in HAJDO, s.r.o. Litovel..* Ostrava : Department of Machining and Assembly, Faculty of Mechanical Engineering VŠB – Technical University of Ostrava, 2009. 46 p. Bachelor Thesis, head : ČEP, R.

The bachelor thesis is concerned with the production of special blowing-through valves, which are part of paper-mill machine's lines within HAJDO spol. s.r.o. The introduction deals with technologies applicable to their production. Particular steps of production procedure with suitable machines and instruments are proposed below. The conclusion describes overall interpretation both from the time aspect and the financial aspect. The appendices refer to graphical documentation necessary for making the single units.

<b>1. ÚVOD DO PROBLEMATIKY.....</b>	<b>3</b>
1.1 Základní informace o společnosti HAJDO spol. s r.o. ....	3
1.2 Základní popis stroje na výrobu papíru .....	5
1.2.1 Technologie sušení a zařízení v sušící části papírenského stroje .....	5
1.3 Stručný popis profukovacích válců papírenského stroje .....	6
<b>2. TECHNOLOGIE VRTÁNÍ.....</b>	<b>7</b>
2.1 Vrtací nástroje .....	7
2.1.1 Šroubovitě vrtáky.....	8
2.1.2 Vrtáky s vyměnitelnými břitovými destičkami ze slinutých karbidů .	11
2.1.3 Kopinaté vrtáky .....	12
2.1.4 Dělové a hlavňové vrtáky.....	13
2.1.5 Vyměnitelné vrtací hlavy .....	13
2.2 Materiály obráběcích nástrojů .....	14
2.2.1 Rychlořezné oceli .....	14
2.2.2 Slinuté karbidy.....	16
2.3 Vrtačky.....	19
<b>3. NÁVRH TECHNOLOGIE VÝROBY SOUČÁSTI .....</b>	<b>22</b>
3.1 Popis výroby válce.....	22
3.2 Popis výroby čepu .....	24
3.3 Montáž válce s čepy a následné broušení .....	26
3.4 Popis výroby vyvažovacích segmentů.....	27
<b>4. NÁVRH VHODNÝCH ŘEZNÝCH PARAMETRŮ A STROJŮ .....</b>	<b>28</b>
4.1 Obráběný materiál .....	28
4.2 Použité stroje a nástroje .....	28
4.2.1 Soustruhy.....	29
4.2.2 Používané soustružnické nože a břitové destičky.....	31
4.2.3 Horizontální vyvrtávačky .....	36
4.2.4 Používané nástroje při zhotovování otvorů a závitů.....	37
<b>5. TECHNICKO-EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ .....</b>	<b>40</b>
<b>6. ZÁVĚR .....</b>	<b>43</b>
<b>7. POUŽITÁ LITERATURA.....</b>	<b>44</b>
<b>8. PŘÍLOHY .....</b>	<b>45</b>

---

**SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK**

CNC	(Computer Numerical Control) počítačově řízený
NC	(Numerical control) číslicově řízené
$f_{ot}$	Posuv [ $\text{mm.ot}^{-1}$ ]
$f_z$	Posuv na zub [mm]
$v_c$	Řezná rychlost [ $\text{m.min}^{-1}$ ]
RO	Rychlořezná ocel
SK	Slinutý karbid
$R_a$	Střední aritmetická úchylka profilu drsnosti [ $\mu\text{m}$ ]
ČSN	Česká technická norma
DIN	(Deutsche Industrie Norm ) Německá průmyslová norma
ISO	Mezinárodní norma
$R_m$	Mez pevnosti v tahu [MPa]
$R_e$	Mez kluzu [MPa]
HB	Tvrdost podle Brinella
$A_5$	Tažnost [%]
$\emptyset$	Označení průměru [mm]

## 1. ÚVOD DO PROBLEMATIKY

Papírenský průmysl je jedním z tradičních průmyslových odvětví v České republice a zaměstnává velké procento populace. Už v historii byla výroba papíru založena na obnovitelných zdrojích a tento rys papírenského průmyslu by měl přetrvávat i do budoucna. Podle světových statistik je papírenský průmysl druhým největším průmyslovým oborem, který využívá obnovitelné zdroje, hned za průmyslem potravinářským. Očekává se, že v nejbližších letech světová spotřeba papíru bude nadále vzrůstat.

Celulózové vlákno je přírodní produkt, jenž je velmi odolný a schopný opakované recyklace. Papírenský průmysl, kde je celulózové vlákno hojně využíváno, má také velký vliv na stav životního prostředí. V této oblasti došlo v posledních letech k pokroku snižováním negativních vlivů činnosti papíren. Nejvýznamnější pokrok byl zaznamenán v omezení vypouštění odpadních vod. Většina papíren už dnes využívá zokruhované čištění vody.

Technologie výroby se v papírenském průmyslu neustále vyvíjí, a to jak v oblasti strojů tak i v oblasti používaných nástrojů. Úkolem mé práce je navrhnout technologický postup výroby speciálních profukovacích válců, které jsou součástí sušící části papírenského stroje. V dohledné době se jedná o výrobu asi 10-ti kusů těchto válců. Vzhledem k velkým rozměrům a vysoké ceně válců je tzv. „zmetkovitost“ nepřijatelná. Jejich výroba by měla být co nejjednodušší a ekonomicky výhodná.

### 1.1 ZÁKLADNÍ INFORMACE O SPOLEČNOSTI HAJDO SPOL. S R.O.

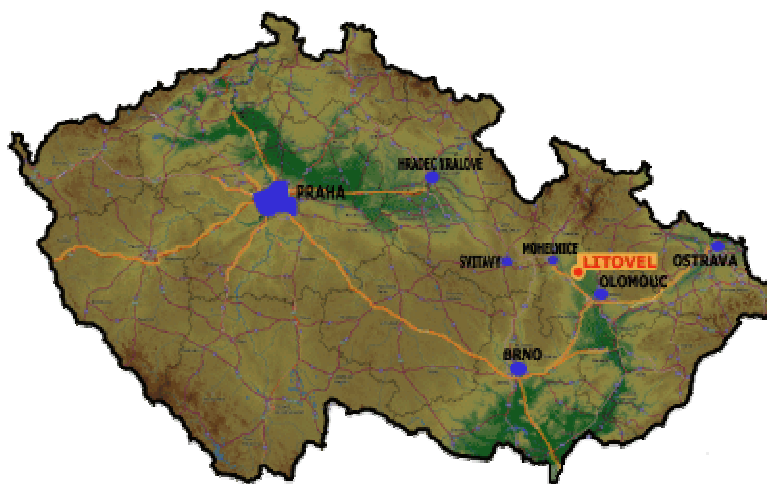
Společnost HAJDO spol. s r.o. byla založena v roce 1990 a od samého počátku své existence disponuje odborníky, kteří mají bohaté zkušenosti a jsou podrobně seznámeni s problematikou strojírenských provozů. Jejím hlavním programem jsou konstrukční, projekční, montážní, výrobní a servisní činnosti v oborech strojírenství, se zaměřením na specifické a odborně náročné oblasti papírenského průmyslu. Společnost se dále zabývá přidruženými obory, jako jsou stacionární hydraulika, průmyslová pneumatika, mazací, parokondenzační a ostřikové systémy.

**Obr. 1.1 Sídlo společnosti.****Obr. 1.2 Výrobní prostory.**

Společnost disponuje širokým množstvím výrobních prostředků pro oblast strojního obrábění, zámečnické výroby a v neposlední řadě i pořízení CNC stroje pro dělení materiálů vodním paprskem. Toto technické vybavení společnosti umožňuje realizovat výrobu a dodávky složitých strojních celků, přestavby a rekonstrukce stávajících, mnohdy zastaralých strojních zařízení nejen v papírnách a papírenských provozech. Od roku 1997 byl zaveden ve společnosti HAJDO spol. s r.o. velkoobchod se strojírenským šroubením a přidruženými prvky pro průmyslovou pneumatiku.

V současné době pracuje ve společnostech HAJDO spol. s r.o., HAJDO SK, s.r.o. a HAJDO HYDRO s.r.o. cca 65 zaměstnanců.

Společnost leží na střední Moravě ve městě Litovel a dělí se na dvě budovy. V jedné budově je sídlo společnosti a v druhé výrobní prostory.

**Obr. 1.3 Poloha společnosti.**



*HAJDO spol s r.o. garantuje kvalitu své výroby a je držitelem těchto certifikátů:*

- Certifikát systému řízení jakosti dle ISO 9001:2000
- Certifikát ochrany životního prostředí dle ISO 14001:2004
- Certifikát pro svařování kolejových vozidel a jejich dílů dle DIN 6700-2

## **1.2 ZÁKLADNÍ POPIS STROJE NA VÝROBU PAPÍRU**

Papírenský stroj má dvě základní části – konstantní a variabilní. Konstantní částí papírenského stroje se rozumí příslušenství, které je předřazené vlastnímu papírenskému stroji a pracuje stálou rychlostí, kterou nelze změnit. Zpravidla se skládá ze strojní nádrže, směšovacích čerpadel, regulátoru konzistence, čistícího a třídícího zařízení a nátokové skříně.

Variabilní část tvoří vlastní papírenský stroj, jehož rychlost je možno měnit podle okamžitých podmínek. Variabilní část papírenského stroje je tvořena síťovou částí, lisovou částí (souborně se síťová a lisová část nazývá mokrou částí), sušicí částí, koncovou částí (zpravidla zahrnuje hladicí stolicí a navíjecí zařízení) a pohonem papírenského stroje. [9]

### **1.2.1 Technologie sušení a zařízení v sušicí části papírenského stroje**

Sušení papíru odstraňuje poslední část vody, kterou nebylo možno odstranit mechanicky a je nejnákladnější odvodňovací operací. Po mechanickém odvodnění se pás papíru převede z lisové části do sušicí části papírenského stroje.

Sušicí část tvoří základová deska, na níž je položena vlastní konstrukce sušicí části a stojany až sta sušících válců, vodící válce papíru, vodící válce plstěnců, regulační a napínací válce plstěnců, plechový kryt sušicí části, zařízení pro odvádění výparů a získávání odpadního tepla, systém pro přívod a regulaci topného média (páry) a odvod kondenzátu, hnací zařízení, jeden nebo dva chladicí válce a měřicí, popř. řídicí systém. Je to nejrozměrnější a nejdražší část papírenského stroje.

Vlastní sušení probíhá jednak v důsledku styku papírového pásu s teplým povrchem sušícího válce, jednak ve volném tahu (tj. přechodu z válce na válec) vlivem proudění ohřátého vzduchu, který se na papír vhání vzduchovými hubicemi. Sušení papíru má probíhat pozvolna, za neustálého zvyšování teploty povrchu sušících válců. Příliš rychlý, nevyrovnaný postup sušení vede ke kroucení, krabacení a vlnění papíru. Nejvyšších teplot se dosahuje uprostřed sušicí části.

Pohybující se pás papíru je přitiskován na vyhřátý hladký povrch sušícího válce pomocí sušících tkanin, které se člení na sušící síta a sušící plstěnce. Je technicky obtížné určovat, co nazvat plstěncem a co sušícím sítem. Zjednodušeně jsou plstěnce málo propustné, sušící síta jsou velmi prodyšné tkaniny. Tkaniny zlepšují přestup tepla a brání tvorbě vrásek a zvlnění papíru při jeho smršťování vlivem postupujícího vysušování.

Sušící válce se umísťují ve dvou řadách nad sebou. Tím přichází papír do styku s povrchem válců po obou stranách a dosahuje se tak i stejnoměrného sušení. K vyhřívání sušících válců se obvykle používá přehřátá pára, která při kondenzaci umožňuje dosažení teploty válce až 140 °C. Sušící válce nesmějí být vystavovány většímu tlaku páry, než je povoleno. Potrubí musí být opatřeno pojistným ventilem, který nedovolí překročení největšího přípustného tlaku.

### **1.3 STRUČNÝ POPIS PROFUKOVACÍCH VÁLCŮ PAPIRENSKÉHO STROJE**

Profukovací válec je nová součást sušící části papírenského stroje, která plně zastupuje funkci horkovzdušné hubice a napínacího válce sušícího síta. Umístění napínacího válce síta a horkovzdušné hubice je mnohdy problematické z důvodu malého prostoru mezi sušícími válci. Tento problém řeší profukovací válec, který je na spotřebu místa mnohem méně náročný.

Profukovací válec má tvar ocelové trubky. Válec má délku 2775 mm, vnější průměr válce je 270 mm a vnitřní průměr má velikost 230 mm, tloušťka stěny válce je tedy 20 mm. Nejdelší a nejproblematictější částí výroby je výroba 5300 otvorů Ø 8 mm s kuželovým zahloubením Ø 12 mm, které jsou rozmístěny po celém plášti válce v táhlých šroubovicích tak, aby byl zajištěn rovnoměrný průběh sušení papíru. Válec je opatřen našroubovanými čepy, na kterých se otáčí. Uvnitř válce je mechanicky nastavitelná trubka, kterou se do něho přivádí horký vzduch. Trubka se dá nastavit podle potřeby směru proudění horkého vzduchu válce k opásání.

## 2. TECHNOLOGIE VRTÁNÍ

Vrtání je technologie sloužící k obrábění dřev, jak do plného materiálu, tak již předpracovaných dřev (předvrtaných, předlitých, předkovaných, atd.). Jako nástroj se používá vrták, z pravidla dvoubřitý. Hlavní rotační pohyb vykonává většinou nástroj, méně často obrobek. Vedlejší posuvový pohyb (ve směru osy nástroje) koná zpravidla také nástroj. Při vstupu vrtáku do obráběného materiálu je obvykle osa vrtáku kolmá k obráběné ploše.

Charakteristickou vlastností je, že řezná rychlost je největší na obvodu nástroje a směrem ke středu se zmenšuje, až k ose nástroje, kde je nulová. Řezná rychlost je považována za obvodovou rychlost největšího průměru vrtáku. Hodnoty řezné a posunové rychlosti jsou dány vztahy:

$$v_c = \pi \cdot D \cdot n \cdot 10^{-3} \quad [\text{m} \cdot \text{min}^{-1}],$$

$$v_f = f \cdot n \cdot 10^{-3} \quad [\text{m} \cdot \text{min}^{-1}], [4]$$

kde:  $v_c$  je řezná rychlost  $[\text{m} \cdot \text{min}^{-1}]$ ,

$v_f$  je posuvová rychlost  $[\text{m} \cdot \text{min}^{-1}]$ ,

$D$  je průměr obráběné díry  $[\text{mm}]$ ,

$n$  jsou otáčky nástroje  $[\text{min}^{-1}]$ ,

$f$  je posuv na otáčku  $[\text{mm}]$ .

### 2.1 VRTACÍ NÁSTROJE

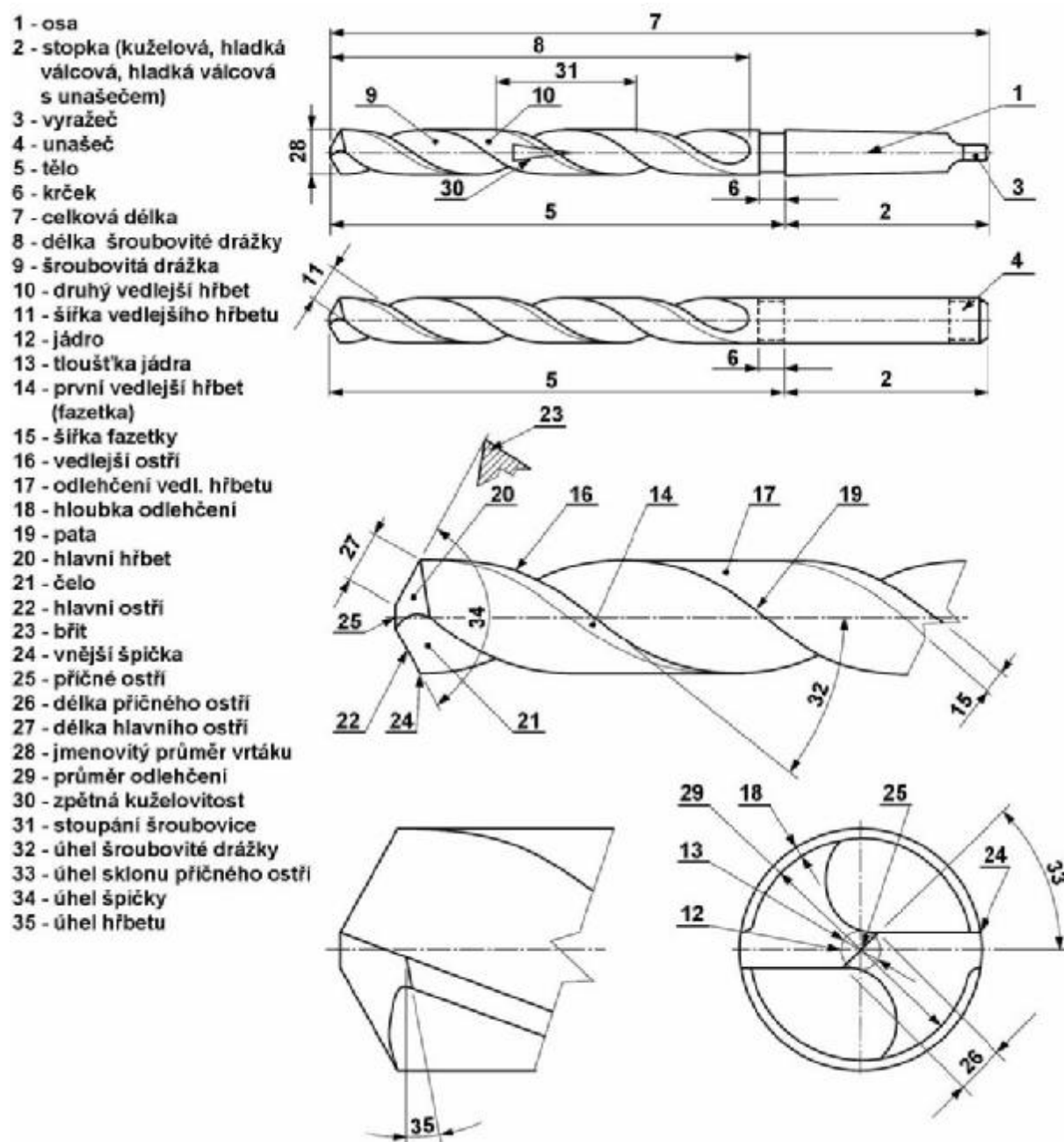
Postupem času se při vrtání kovů a jiných materiálů vyvinulo mnoho vrtacích nástrojů. Nástroje na vrtání se nejčastěji dělí podle druhu konstrukce, geometrie nástroje a technologie vrtání na tyto skupiny :

- šroubovité vrtáky,
- vrtáky s vyměnitelnými břitovými destičkami z SK,
- kopinaté vrtáky,
- dělové a hlavňové vrtáky,
- vyměnitelné vrtací hlavy.

### 2.1.1 Šroubovité vrtáky

Šroubovitý vrták je nečastěji používaný nástroj pro vrtání děr. Má válcové tělo, na kterém jsou vytvořeny dvě protilehlé šroubovité drážky pro odvod třísek a přívod řezné kapaliny. Jejich tvar je odvozen od druhu obráběného materiálu. Vrcholový úhel špičky vrtáku a úhel sklonu šroubovice se mění podle tvrdosti materiálu, jeho obrobitelnosti a houževnatosti. Vrtáky s přívodem řezné kapaliny se užívají k obrábění hlubokých otvorů v těžkoobrobitelných materiálech. Vrtáky se zvětšeným prostorem pro odvod třísek mají zesílené jádro a využívají se hlavně při vrtání hlubokých otvorů.

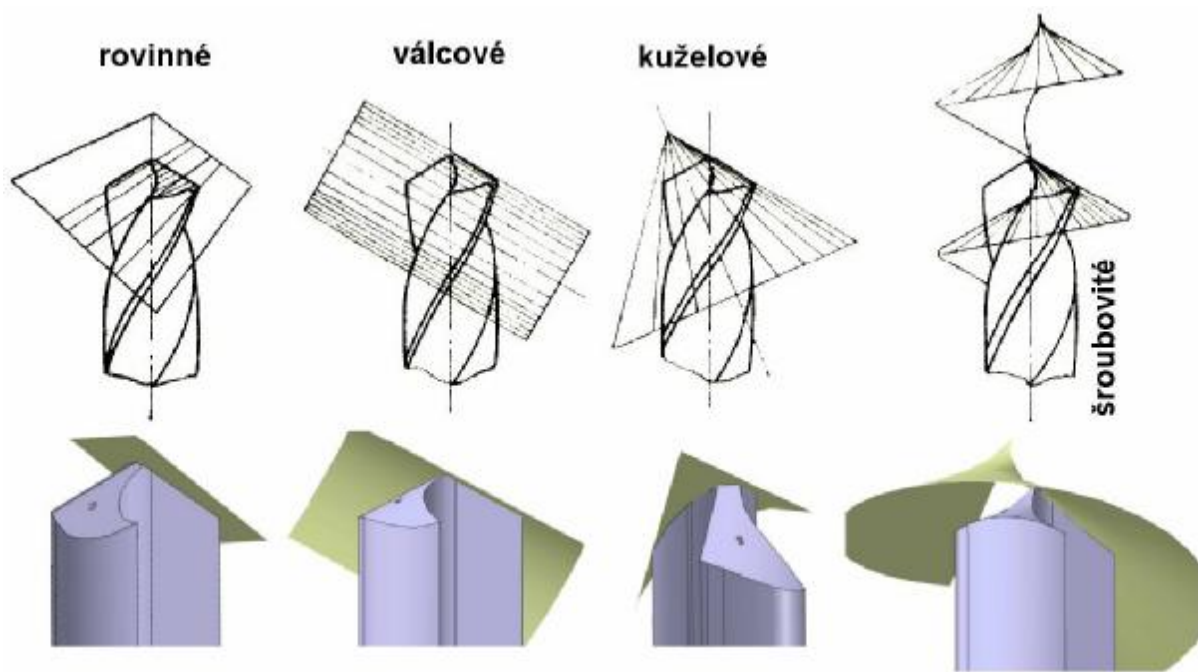
Jádro šroubovitého vrtáku o průměru 0,25 až 0,5 x D zajišťuje pevnost vrtáku v krutu a směrem ke špičce se nepatrně zužuje. Průměr vrtáku směrem ke stopce nepatrně klesá, aby docházelo ke snížení tření vrtáku svým obvodem podél otvoru. Pro šroubovité drážky vrtáku platí pravidlo, že řezná drážka vyžaduje asi 1/4 objemu tělesa vrtáku. Úhel špičky u běžného šroubovitého vrtáku, určeného pro vrtání běžných nelegovaných ocelí střední pevnosti a litin střední pevnosti, dosahuje hodnoty  $e_r = 2 \times k_r = 118^\circ$ , pro vrtání těžkoobrobitelných materiálů  $140^\circ$  a pro vrtání plastů a tvrdých pryží  $90^\circ$  [2]. Špičku vrtáku lze vybrousit pod dvojitým úhlem např.  $90^\circ$  a  $120^\circ$ , čímž se sníží opotřebení nástroje v důsledku snížení jeho tepelného namáhání a sníží se i posuvová síla. Toto se používá zejména pro vrtání materiálů s horší obrobitelností.



Obr. 2.1 Popis šroubovitěho vrtáku. [8]

Hlavní ostří vrtáků jsou spojena příčným ostřím, které nám zvětšuje krouticí moment a posuvovou sílu a tím nepříznivě ovlivňuje pracovní podmínky. Proto jsou dnes u šroubovitých vrtáků prováděny různé úpravy příčného ostří (např. podbroušením). Jindy je konstrukce nástroje provedena tak, že je příčné ostří zcela odstraněno.

Šroubovitý vrták má poměrně složitou geometrii břitu, na což poukazují proměnné nástrojové úhly hřbetu a čela podél hlavního ostří. Průběh těchto úhlů je ovlivněn způsobem podbroušení hlavního hřbetu. Podbroušení hlavního hřbetu může být realizováno podle rovinné, válcové, kuželové nebo šroubovitě plochy.



Obr. 2.2 Způsoby podbroušení hřbetních ploch šroubovitých vrtáků. [2]

*Podle normy ČSN 22 11 01 se šroubovitě vrtáky dělí [1] :*

1. podle způsobu upnutí :

- s válcovou stopkou – upínání se provádí do tříčelist'ových hlaviček, do kleštiny nebo do děleného redukčního pouzdra,
- s kuželovou stopkou – upínání je přímé nebo redukčním pouzdem na vnitřní kužel vřetená.

2. podle sklonu šroubovice :

- vrtáky na obrábění oceli a litiny – typ N,
- vrtáky na obrábění mosazi a bronzi – typ H,
- vrtáky na obrábění hliníku a jeho slitin – typ W.

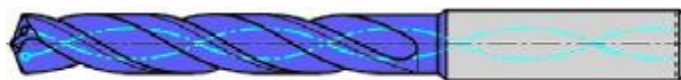
3. podle smyslu otáčení :

- pravořezné – pro většinu vrtacích operací,
- levořezné – pro stroje s levotočivým vřetenem.

Šroubovité vrtáky se nejčastěji vyrábějí z rychlořezných ocelí. Pro těžší podmínky obrábění jsou určeny vrtáky: s pájenými destičkami z SK, vrtáky z monolitních slinutých karbidů bez povlaků, vrtáky s otěruvzdornými povlaky, nejčastěji na bázi TiN. Šroubovité vrtáky mohou mít otvory pro centrální přívod řezné kapaliny, vyrábějí se i v provedení se třemi břity.



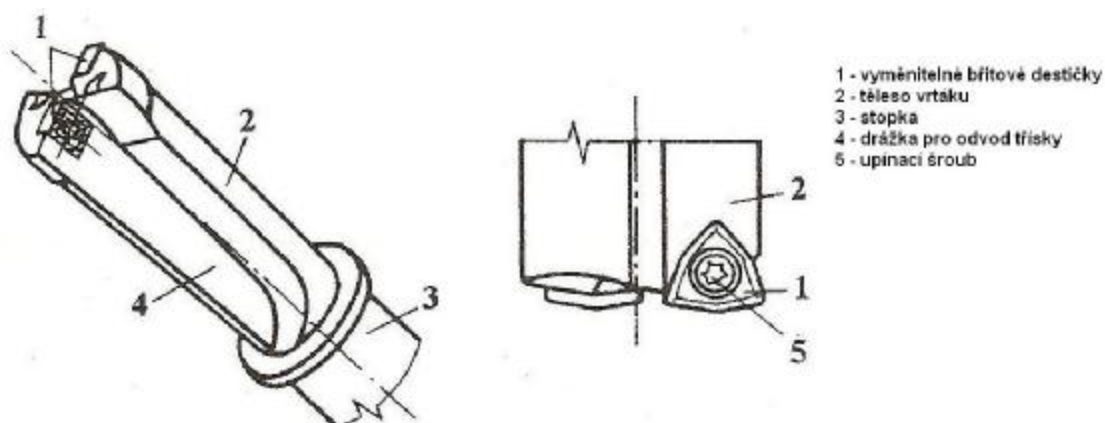
Obr. 2.3 Tříbřitý šroubovitý vrták.



Obr. 2.4 Vrták s centrálním přívodem řezné kapaliny.

### 2.1.2 Vrtáky s vyměnitelnými břitovými destičkami ze slinutých karbidů

Destičky z SK se do tělesa vrtáku upínají mechanicky přes otvor pomocí šroubů. Praxe ukazuje, že nejvýhodnější použití těchto vrtáků z hlediska výkonnosti a přesnosti je při vrtání krátkých otvorů, jak průchozích tak i slepých. Destičky mohou mít trojúhelníkový, čtvercový, kosočtvercový i šestiúhelný tvar a mohou být vyrobeny z různých druhů SK. Na jednom vrtáku je možno použít i kombinací destiček různých tvarů. Uspořádání musí být provedeno tak, aby břit vnitřních destiček dosahoval k ose vrtáku a břit vnějších destiček byl k obvodu vrtáku a při tom se musí oba břity vzájemně překrývat. U některých vrtáků se z důvodu rozdílné řezné rychlosti používají na obvodu destičky s povlakovaného SK a středové destičky se volí z nepovlakovaného SK. Takto použité destičky mají přibližně stejnou trvanlivost a po opotřebení se vyměňují současně.



Obr. 2.5 Vrták s vyměnitelnými břitovými destičkami z SK. [4]

Kvalita otvorů vrtaných vrtáky s vyměnitelnými břitovými destičkami z SK je stejná s tolerancí děr vrtaných šroubovitými vrtáky. Vrták nemá fazetku, v dotyku s vnitřní válcovou plochou obráběné díry je jen destička a vedení zajišťuje vřetenem stroje. U tohoto nástroje je vyžadováno dobré řezné prostředí ke chlazení a k odstraňování velkého množství třísek.

Aby se plně využilo vlastností slinutých karbidů, musí mít vrtáky s vyměnitelnými SK destičkami větší ohybovou tuhost, čehož se dosáhne zesílením jádra a zkrácením jejich volné délky. Nástroj vytváří krátkou drobnou třísku, která se snadno pohybuje řeznou kapalinou a to dovoluje konstrukci přímé řezné drážky. Řezná kapalina se většinou do místa řezu přivádí vnitřními kanálky vyústujícími na čele vrtáku tak, aby proud kapaliny směřoval na čelo i ostří SK destiček.

Destičky jsou do tělesa vrtáku upínány pomocí zapuštěného šroubu, tento typ upínání se nazývá pomocí klínu. U vrtáků které mají průměr větší než 60 mm se používá kazet. Kazety umožňují měnit průměr vrtáku bez konstrukce nového vrtáku, snadnou výměnu destiček a chrání lůžko před opotřebením [1].

### 2.1.3 Kopinaté vrtáky

Tyto vrtáky jsou známy již několik staletí, ale kvůli jejich malé přesnosti a výkonnosti byli nahrazeni šroubovitými vrtáky. V poslední době se začíná obnovovat výroba výkonných plochých vrtáků, které svou přesností konkurují šroubovitým vrtákům. V současnosti je tento vrták tvořen tělesem, do něhož se upínají vyměnitelné břitové destičky speciálních tvarů, které jsou většinou vyrobeny z kvalitní rychlořezné oceli, ve zvláštních případech lze destičku z RO nahradit destičkou z SK.



Vrtáky se konstruuji pro otvory od  $\varnothing 25$  mm až po  $\varnothing 150$  mm [1]. Vzhledem k jejich vysoké tuhosti a pevnosti špičky lze vrtat i velké otvory do plna bez předvrtání. Vyznačují se vlastním tlumením při velkém zatížení a lze u nich dosáhnout větších posuvů, než u šroubových vrtáků. Další výhodou je menší počet držáků pro kopinaté vrtáky, než počet šroubových vrtáků pro vrtání určitého rozsahu průměrů. Vrták, jehož délka se mění během jeho životnosti jen velmi málo, je obzvláště výhodný pro použití u NC strojů.

#### **2.1.4 Dělové a hlavňové vrtáky**

U tohoto vrtáku se kapalina do místa řezu přivádí pod velkým tlakem otvorem v tělese vrtáku a zajišťuje odplavování třísek drážkou tvaru V. Špička vrtáku neleží ve středu nástroje, síly na ostří jsou vykompenzovány tak, aby vrták udržel osovou stabilitu. K zachycení řezných sil je tento vrták vybaven vodítky, které tlumí účinky chvění vrtáku vznikajícího při řezání. Konstruuji se připájením řezné části k nástavci. Řezná část je vyrobena z rychlořezné oceli nebo slinutého karbidu. Někdy se vyskytují s připájenými břitovými destičkami. K připájení hlavy k nástavci se používá tvrdých měděných nebo stříbrných pájek. Nástavec vrtáku může ovlivnit jakost a přesnost povrchu vrtaného otvoru.

#### **2.1.5 Vyměnitelné vrtací hlavy**

Používají se k vrtání hlubokých otvorů. Vyměnitelná vrtací hlava je spojena s vrtací tyčí, která nahrazuje stopku vrtáku. Rozdělení nástroje na dvě části zkracuje čas potřebný k výměně nástroje a na manipulaci s vrtací hlavou při jejím ostření. Vrtací hlava je s vrtací tyčí spojena pomocí vícechodého plochého závitu s velkým stoupáním. Podle způsobu odebírané třísky se vrtání hlubokých otvorů pomocí vrtacích hlav dělí [1]:

- do plna,
- na jádro,
- vyvrtávání.

## 2.2 MATERIÁLY OBRÁBĚCÍCH NÁSTROJŮ

Rozsah materiálů pro řezné nástroje je velmi široký, což je důsledkem celosvětového dlouholetého výzkumu v dané oblasti. Nástroj je vystavován řadě nepříznivých vlivů (chvění, teplotní vlivy). Proto jeho spolehlivost není závislá nejen na jeho konstrukci a způsobu výroby, ale je také podmíněna optimálně zvoleným materiálem nástroje a případně i jeho tepelným zpracováním. [7]

### 2.2.1 Rychlořezné oceli

Rychlořezné oceli jsou jedním s nejpoužívanějších nástrojových materiálů pro obrábění i přes stálé rozšiřování ostatních druhů řezných materiálů. Vývoji nových vysoce výkonných rychlořezných ocelí je stále věnována značná pozornost. Kvantitativní rozdělení použití rychlořezných ocelí a slinutých karbidů pro jednotlivé operace je uvedeno v tab. 1.1. [1]

Tab. 2.1 kvantitativní rozdělení použití rychlořezných ocelí a slinutých karbidů. [1]

Obráběcí operace	% použití	
	RO	SK
soustružení	20	60
obrážení, hoblování	15	10
vrtání, vystružování	10	3
frézování	50	25
protahování, závitování	5	2

*Rychlořezné oceli se dělí na:*

- RO pro běžné výkony,
- RO výkonné,
- RO vysoce výkonné.

Rychlořezné oceli jsou vysoce legované nástrojové oceli, které se od ostatních druhů nástrojových ocelí liší obsahem legujících přísad a odlišnými podmínkami tepelného zpracování. V porovnání s uhlíkovými a legovanými nástrojovými oceli mají vyšší tvrdost, odolnost proti otěru a odolnost proti popouštění. Mají též vysokou tvrdost a snášejí maximální teploty okolo 600 °C. Využívají se hlavně na nástroje s přesným ostřím, jako jsou šroubovitě vrtáky, protahovací nástroje, frézy, nástroje pro výrobu závitů a tvarové soustružnické nože.

Specifických vlastností jednotlivých typů RO se dosahuje zvoleným množstvím přísadových prvků a jejich kombinací. Vliv jednotlivých přísad je následující [3]:

- **Wolfram** - základní legující prvek. Vytváří tvrdé a odolné karbidy vůči opotřebení.
- **Molybden** - působí podobně jako wolfram, ale s dvojnásobnou silou. Nevýhodou je větší citlivost vůči přehřátí. Molybdenové oceli se vyznačují vysokou houževnatostí.
- **Vanad** - vytváří nejtvrdsí karbidy a tím zvyšuje odolnost proti abrazivnímu opotřebení, ale výrazně zhoršuje obrusitelnost nástrojů, také klesá houževnatost oceli.
- **Kobalt** - zvyšuje odolnost proti pouštění a tvrdost za tepla.
- **Chrom** – zlepšuje kalitelnost a prokalitelnost.

#### **Tepelné zpracování rychlořezných ocelí**

Kromě chemického složení má na vlastnosti a výkon rychlořezných ocelí a z nich vyráběných nástrojů také značný vliv tepelné zpracování.

Výšku kalící teploty ovlivňuje druh rychlořezné oceli i typ vyráběného nástroje. Je-li kalící teplota příliš vysoká, dochází ke zhrubnutí austenitického zrna, snížení houževnatosti a zvětší se křehkost. Vzhledem k nízkým vodivostem se před vlastním ohřevem na kalící teplotu musí rychlořezné oceli předehtřívát. Stupně předehtřevu se běžně volí 450, 600 a 880°C. Prudkým ochlazením pod teplotu asi 200°C vzniká martenzit. Po kalení se ocel popouští na vysoké teploty 525 – 625°C [3]. Doba setrvání na popouštěcí teplotě se volí zpravidla 1 až 2 hodiny. Pro tvarově jednoduché nástroje pro hrubování, které jsou vystaveny značnému tepelnému namáhání je zapotřebí volit co nejvyšší kalící teploty (1220 - 1250°C), i když se sníží houževnatost. Pro nástroje dokončovací, nástroje tvarově složité a nástroje s jemnými břity se musí volit nižší kalící teploty (1190 - 1220°C) i za cenu snížení odolnosti proti popouštění.

### Vývoj rychlořezných ocelí

Vývoj je charakterizován rozšiřováním výroby rychlořezných ocelí na bázi molybdenu a omezováním výroby ocelí se zvýšeným obsahem wolframu. Vývoj se také zaměřuje na oceli se zvýšeným obsahem uhlíku.

V budoucnosti se stále více budou prosazovat rychlořezné oceli vyrobené práškovou metalurgií. RO vyrobené touto technologií se vyznačují homogenní strukturou a vývojem nestandardních chemických variant. Mezi výhody RO vyrobených touto metodou patří:

- homogenní struktura,
- dobré technické vlastnosti ( brousitelnost, leštitelnost, svařitelnost ),
- zvýšená tvarová a rozměrová přesnost při tepelném zpracování,
- zlepšená houževnatost,
- nižší materiálová ekonomická a ekologická náročnost.

#### 2.2.2 Slinuté karbidy

Slinuté karbidy se vyrábí práškovou metalurgií a jejich základními vlastnostmi je vysoká tvrdost, odolnost proti opotřebení při teplotách 700 až 1000°C. Mezi další vlastnosti patří nízká pórovitost, odolnost proti korozi, dobrá pevnost v tlaku, špatná tepelná a elektrická vodivost a malý součinitel tepelné roztažnosti. Tento materiál umožňuje 5-ti až 8-mi násobné zvýšení řezné rychlosti, než které dovolují rychlořezné oceli. SK se užívají převážně ve formě břitových destiček a dnes tvoří největší část všech materiálů využívaných pro výrobu řezných nástrojů.

#### Nepovlakované slinuté karbidy

Vyrábí se z různých karbidů a kovového pojiva. Základní druhy karbidů pro výrobu SK jsou karbid wolframu (WC) a karbid titanu (TiC), jako pojivo se ve většině případů používá kobalt (Co). Jako další přísady se používají karbidy tantalu (TaC) a niobu (NbC).

*Vzhledem ke svému chemickému složení můžeme běžné SK rozdělit na:*

1. skupina K, jednokarbidové (Wc + Co),
2. skupina P, dvojkarbidové (Wc + TiC + Co),
3. skupina M, kombinované (Wc + TiC + TaC + Cr<sub>3</sub>C<sub>2</sub> + Co). [5]

**Skupina K** se používá pro obrábění materiálů tvořících krátkou třísku, řezná síla je relativně nízká. Převládá abrazivní opotřebení nástroje. Tato skupina SK se užívá hlavně pro litiny a nekovové materiály.

**Skupina P** se používá pro obrábění materiálů, které tvoří dlouhou třísku, řezná síla je obvykle velká. Tato skupina je určena pro obrábění, kde převládá difuzní a chemický otěr, který působí hlavně na čele nástroje. SK této skupiny se užívají hlavně pro uhlíkové a slitinové oceli.

**Skupina M** se používá pro obrábění materiálu, které tvoří krátkou i dlouhou třísku. Má relativně vysokou houževnatost, čehož se využívá u hrubování. Obrábění většiny těžkoobrobitelných materiálů.

**Tab. 2.2 Rozdělení obráběných materiálů do jednotlivých skupin SK. [6]**

<b>P</b>	uhlíkové (nelegované) oceli třídy 10, 11, 12 legované oceli tříd 13, 14, 15, 16 nástrojové oceli uhlíkové (191..., 192..., 193...) nástrojové legované oceli (193... až 198...) uhlíková ocelolitina skupiny 26 (4226...) nízko a středně legované ocelolitiny skupiny 27 (4227...) feritické a martenzitické korozivzdorné oceli (třídy 17... lité 4229...)
<b>M</b>	austenitické a feriticko-austenitické oceli korozivzdorné, žáruvzdorné a žárovevné oceli nemagnetické a otěruvzdorné
<b>K</b>	šedá litina nelegovaná i legovaná (4224...) tvárná litina (4223...) temperovaná litina (4225...)
<b>N</b>	neželezné kovy, slitiny Al a Cu
<b>S</b>	speciální žárovevné slitiny na bázi Ni, Co, Fe a Ti

<b>H</b>	zušlechtěné oceli s pevností nad 1500 MPa kalené oceli HRC 48 ÷ 60 tvrzené kokilové litiny HSh 55 ÷ 58
----------	--

### Vícerozsahové slinuté karbidy (N, S, H)

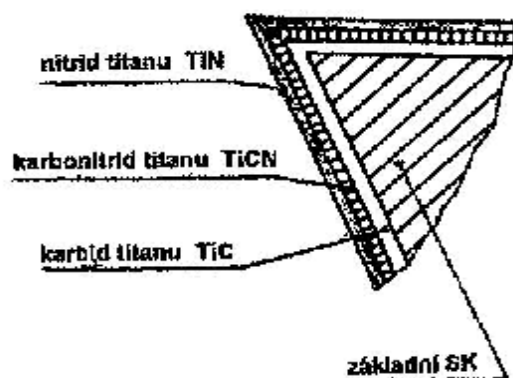
Patří mezi vysoce výkonné druhy slinutých karbidů, vhodné pro širší oblasti použití. Cílem je snížení širokého sortimentu běžných SK. Jejich doporučené použití je uvedeno v tabulce.

### Povlakované slinuté karbidy

Povlakované slinuté karbidy jsou dalším stádiem ve vývoji a výrobě slinutých karbidů pro obrábění. Skládají z pevného karbidového podkladu a termochemicky stabilního povlaku, což umožňuje dosažení vyšší řezné a posuvové rychlosti a větší úběr třísky než u nepovlakovaných SK.

*Obvykle jsou uváděny tyto vývojové stupně povlakovaných slinutých karbidů :*

1. **generace** - jednovrstvý povlak (výhradně TiC) s tloušťkou asi 7  $\mu\text{m}$  a špatnou soudržností podkladu a povlaku.
2. **generace** - jednovrstvý povlak (TiC, TiCN, TiN) bez eta-karbidu na přechodu podklad - povlak. Zdokonalení technologie výroby umožnilo vytvořit vrstvy povlaku o větší tloušťce (až 13  $\mu\text{m}$ ) bez nebezpečí jejich odlupování při funkci nástroje.
3. **generace** - vícevrstvý povlak (dvě až tři, případně i více vrstev) s ostře ohraničenými přechody mezi jednotlivými vrstvami. Na podklad jsou obvykle jako první nanášeny vrstvy s lepší přilnavostí k podkladu, které mají relativně nižší odolnost proti opotřebení a jako poslední jsou nanášeny vrstvy, které nemusí mít dobrou přilnavost k podkladu, ale požaduje se od nich zejména vysoká tvrdost a odolnost proti opotřebení.



Obr. 2.6 Třívrstvý povlak břítu. [4]

4. **generace** - speciální vícevrstvý povlak (více jak 10 vrstev a mezivrstev) s méně či více výraznými přechody mezi jednotlivými vrstvami. Užívají se stejné materiály jako u 3. generace.

## 2.3 VRTAČKY

Vrtačky jsou stroje, které se používají k vrtání, ale také k vyhrubování, vystružování a zahlubování. V případě potřeby lze výše uvedené metody vykonávat i na soustruzích, vodorovných vyvrtávačkách a obráběcích centrech. Podle konstrukce se vrtačky dělí na ruční, stolní, sloupové, stojanové, otočné, vodorovné na hluboké díry a speciální. Velikost vrtacích strojů se posuzuje podle maximálního průměru díry, který je možný na daném stroji vrtat do plného materiálu z oceli střední pevnosti.

*Stolní vrtačky* jsou jednoduché konstrukce. Vřeteník nese motor a je posuvný po krátkém sloupu, takže lze přestavovat jeho výškovou polohu vzhledem k pracovnímu stolu. Pro změnu otáček vřetena se používá stupňovitá řemenice, na níž se ručně přesouvá klínový řemen. Posuv vřetene s nástrojem je obvykle ruční.

*Sloupové vrtačky* většinou mají vertikálně posuvný vřeteník po pracovním stole i po sloupu. Otáčky vřetena lze regulovat vestavěnou převodovkou. Posuv vřetena je mechanický. Menší obrobky se upínají na pracovní stůl, větší přímo na základovou desku s upínacími drážkami. Stojanové vrtačky jsou podobně uspořádány jako sloupové a liší se tím, že místo sloupu mají stojan, po kterém se výškově posouvá stůl i vřeteník. Jsou mnohem tužší, než sloupové vrtačky.

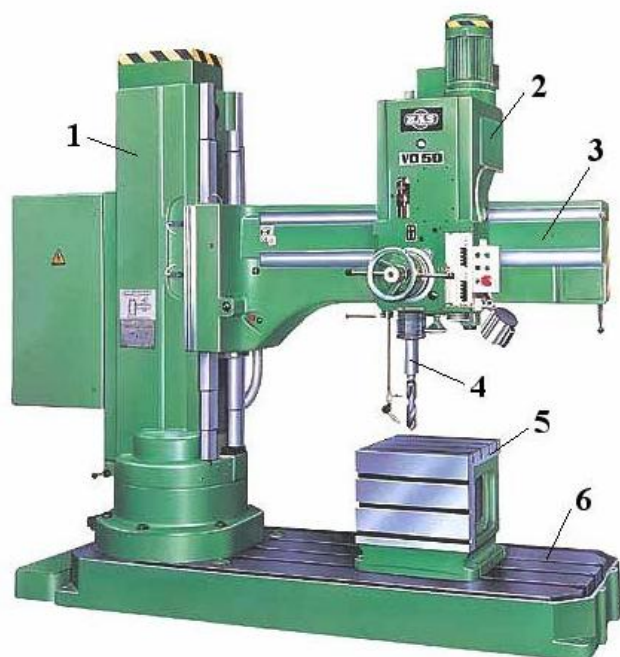


Obr. 2.7 Stolní vrtačka.



Obr. 2.8 Sloupová vrtačka. [2]

*Otočné vrtačky* jsou nejrozšířenější vrtací stroje. Používají se pro vrtání otvorů těžších a rozměrnějších obrobků. Jejich charakteristickým prvkem je otočné rameno, po němž se ve vodorovném směru pohybuje pracovní vřeteník. Rameno se u většiny otočných vrtaček pohybuje svisle po vedení stojanu, který je otočně uložen na vnitřním sloupu.



- 1 – stojan
- 2 – vřeteník
- 3 – rameno
- 4 – vřeteno
- 5 – upínací kostka
- 6 – základová deska

Obr. 2.9 Otočná vrtačka. [2]



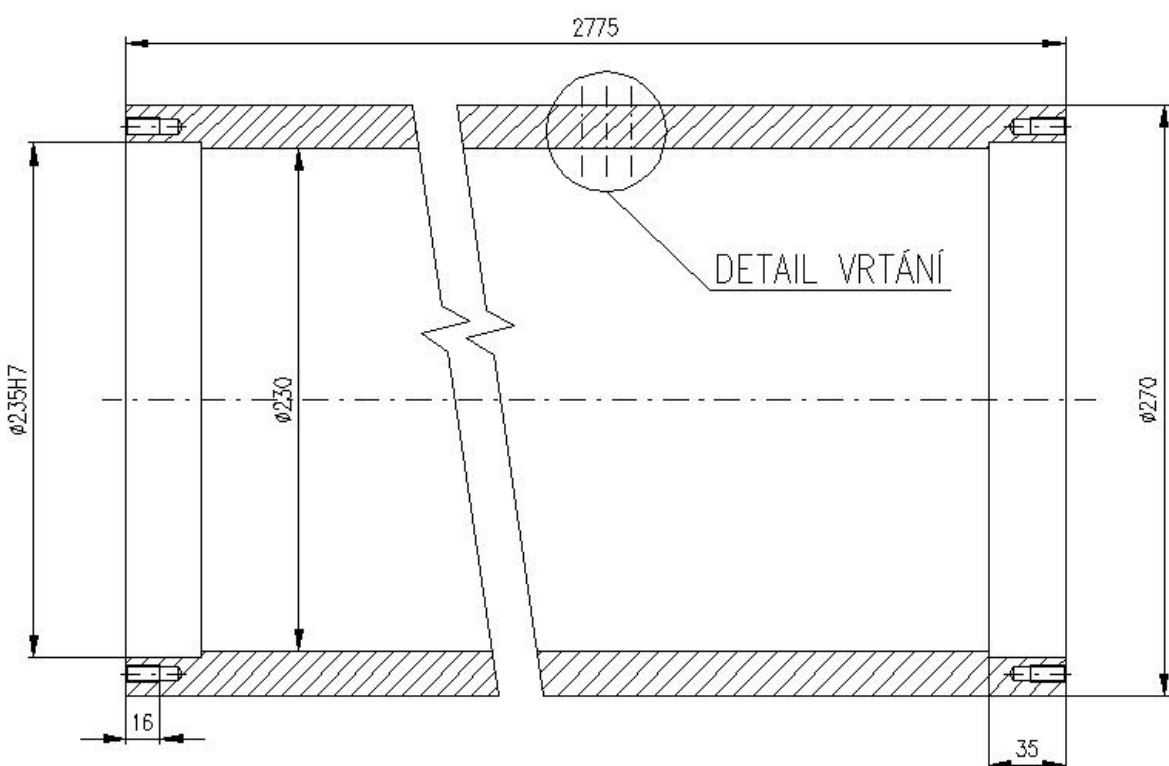
**Montážní vrtačky** jsou zvláštním provedením otočné vrtačky. Jsou přenosné, a jejich výhoda je v tom, že můžou vrtat díry i v těžkých součástech. Libovolné vyložení vřeteníku na rameni umožňuje natočení ramene o  $360^\circ$  a díky tomu lze obrábět otvory ve velkém prostoru kolem vrtačky. Obrobek se upíná na pevný stůl nebo stavitelnou vrtací kostku.


**Speciální vrtačky** se využívají pro speciální vrtací operace. Patří sem vrtačky vícevřetenové, vrtačky na hluboké díry, vrtačky stavebnicové, vrtačky souřadnicové apod.

### 3. NÁVRH TECHNOLOGIE VÝROBY SOUČÁSTI

V této kapitole je uveden postup výroby jednotlivých dílců a jejich sestavení.

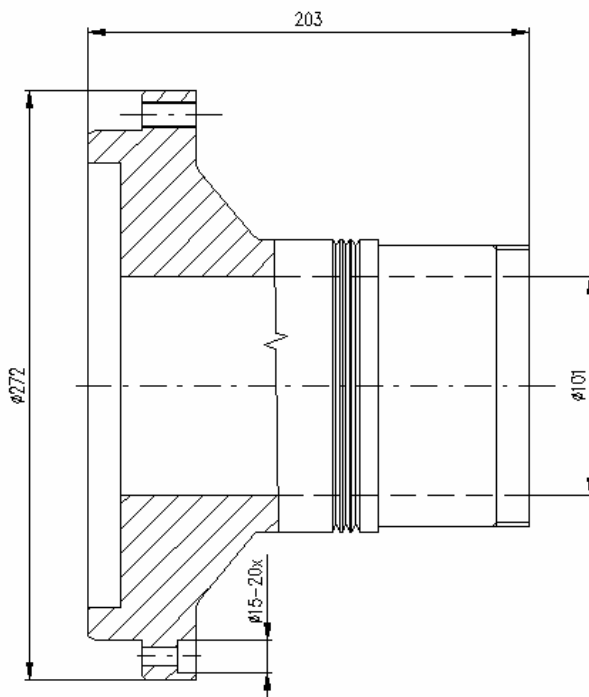
#### 3.1 POPIS VÝROBY VÁLCE

Vypracoval: Ondřej Vortel		Technologický postup: výroba válce		Č. výkresu: PS 1075.22.00	
Schéma:					
					
Č. operace	Operace		Nástroj	Řezné parametry	
001	Na pásové pile řezat délku 2780 mm.		pilový pás	$v_c=20 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$	
002	Na rýsovací desce proměřit rovinu a označit úchytky otvoru od středové přímky a dále rozpočítat a označit rozložení hmoty, přibližně na středy trubky pro konečné vyvažování.				

003	Na soustruhu SU 90 A upnout trubku za otvor pomocí upínací desky a podepřít hrotem, vystředit dle proměření, soustružit povrch trubky na $\varnothing 270$ mm přídkem +0,7 mm pro broušení, podepřít lunetou, soustružit čela trubky na délku 2775 mm, srazit hrany.	nůž-hrubování	$v_c=80 \text{ m.min}^{-1}$ $f_{ot} = 0,4 \text{ mm.ot}^{-1}$
		nůž-na čisto	$v_c=120 \text{ m.min}^{-1}$ $f_{ot} = 0,15 \text{ mm.ot}^{-1}$
004	Na JUVS (jednouúčelový stroj) soustružit vnitřní plochu trubky na $\varnothing 230$ mm pomocí hlavy na soustružení vnitřních průměrů trubky.	hlava na vnitřní průměry	$v_c=130 \text{ m.min}^{-1}$ $f_{ot} = 0,1 \text{ mm.ot}^{-1}$
005	Zkontrolovat a dynamické vyvážení trubky.		
006	Na horizontální vyvrtávače FCW 150 upnout trubku do dělicího přístroje a podepřít koníkem. Zkontrolovat naprogramování stroje dle výkresu. Vrtat otvory $\varnothing 8$ mm a současně zahloubit $\varnothing 12$ mm pomocí odstupňovaného nástroje.	vrták	$v_c = 65 \text{ m.min}^{-1}$ $f_{ot} = 0,2 \text{ mm.ot}^{-1}$
			
007	Honovat vnitřní průměr trubky 230 mm.		
008	Na soustruhu SU 90 A upnout pomocí upínací desky a podepřít lunetou. Soustružit osazení pro čepy $\varnothing 235H7$ mm do hloubky 35mm.	nůž-hrubování	$v_c = 70 \text{ m.min}^{-1}$ $f_{ot} = 0,3 \text{ mm.ot}^{-1}$
		nůž-na čisto	$v_c = 110 \text{ m.min}^{-1}$ $f_{ot} = 0,2 \text{ mm.ot}^{-1}$

009	Zámečník - uložit válec na podpěry, vizuálně zkontrolovat vyvrtané otvory v tělese válce a případně z nich odstranit zaklesnuté třísky.		
010	Na horizontální vyvrtávače W 13A vrtat na roztečné kružnici Ø 250 mm otvory Ø 6,7 mm následně řezat závity M8 do hloubky 16 mm pro upevnění čel a čepů válce.	vrták Ø6,7mm	$v_c = 20 \text{ m.min}^{-1}$ $f_{ot} = 0,2 \text{ mm.ot}^{-1}$
		závitník M8	$v_c = 4 \text{ m.min}^{-1}$ $f_{ot} = 1,25 \text{ mm.ot}^{-1}$

### 3.2 POPIS VÝROBY ČEPU

Vypracoval: Ondřej Vortel		Technologický postup: výroba čepu		Č. výkresu: PS 1075.20.00
<div>Schéma:</div> 				
Č. operace	Operace	Nástroj	Řezné parametry	
001	Na pásové pile řezat polotovár Ø285 délky 210 mm.	pilový pás	$v_c=20 \text{ m.min}^{-1}$	

002	Na soustruhu SU 50 A upnout do sklíčidla, zarovnat čelo, vrtat otvor Ø 80 mm, soustružit vnitřní Ø 101 mm.	vnější nůž	$v_c=80 \text{ m.min}^{-1}$ $f_{ot} = 0,4 \text{ mm.ot}^{-1}$
		vrták	$v_c=30 \text{ m.min}^{-1}$ $f_{ot} = 0,4 \text{ mm.ot}^{-1}$
		vnitřní nůž	$v_c = 70 \text{ m.min}^{-1}$ $f_{ot} = 0,3 \text{ mm.ot}^{-1}$
003	Podepřít hrotem, soustružit Ø 135 mm v délce 125,5 mm, soustružit kuželový přechod z Ø 135 pod úhlem 50° v délce 27,5 mm, soustružit Ø 272 mm v délce 25 mm.	vnější nůž	$v_c=80 \text{ m.min}^{-1}$ $f_{ot} = 0,4 \text{ mm.ot}^{-1}$
004	Přepnout, zarovnat druhé čelo na délku 203 mm, soustružit vybrání Ø 205 mm do hloubky 15 mm, podepřít hrotem, soustružit Ø 235 k6 v délce 25 mm, srazit hrany dle výkresu.	vnitřní nůž-hrubování	$v_c = 70 \text{ m.min}^{-1}$ $f_{ot} = 0,3 \text{ mm.ot}^{-1}$
		vnitřní nůž-na čisto	$v_c = 110 \text{ m.min}^{-1}$ $f_{ot} = 0,2 \text{ mm.ot}^{-1}$
		vnější nůž	$v_c=80 \text{ m.min}^{-1}$ $f_{ot} = 0,4 \text{ mm.ot}^{-1}$
005	Upnout za vnitřní Ø 205 mm, podepřít hrotem, soustružit Ø 130k6 s přídavkem 0,5 mm pro broušení, v délce 69,5 mm, řezat závit M130x2 v délce 15 mm, na Ø 135 soustružit 3x zápich dle výkresu.	vnější nůž-hrubování	$v_c=80 \text{ m.min}^{-1}$ $f_{ot} = 0,4 \text{ mm.ot}^{-1}$
		vnější nůž-na čisto	$v_c=120 \text{ m.min}^{-1}$ $f_{ot} = 0,15 \text{ mm.ot}^{-1}$
		závitový nůž	$v_c = 110 \text{ m.min}^{-1}$
		nůž na zápich	$v_c = 110 \text{ m.min}^{-1}$
006	Na horizontální vyvrtávačce W 13A upnout do dělicího zařízení za vnitřní Ø 205 mm, na roztečné kružnici Ø 250 mm vrtat 20 otvorů Ø 9 mm a zahloubit záhlubníkem Ø 15 mm do hloubky 9 mm, vrtat 4 otvory Ø 10,2 mm, následně řezat závit M12.	vrták Ø9mm	$v_c = 25 \text{ m.min}^{-1}$ $f_{ot} = 0,2 \text{ mm.ot}^{-1}$
		záhlubník	$v_c = 15 \text{ m.min}^{-1}$ $f_{ot} = 0,1 \text{ mm.ot}^{-1}$
		vrták Ø10,2mm	$v_c = 25 \text{ m.min}^{-1}$ $f_{ot} = 0,2 \text{ mm.ot}^{-1}$
		závitník M12	$v_c = 4 \text{ m.min}^{-1}$ $f_{ot} = 1,75 \text{ mm.ot}^{-1}$



### 3.3 MONTÁŽ VÁLCE S ČEPY A NÁSLEDNÉ BROUŠENÍ

Vypracoval: Ondřej Vortel		Technologický postup: montáž válce s čepy	
Č. operace	Operace	Nástroj	Řezné parametry
001	Zámečnick – pomocí šroubů přišroubovat čela k válci.		
002	Zkontrolovat dynamické vyvážení válce		
003	Když nevyvážení přesahuje toleranci, vyvážit přišroubováním segmentů na vnitřní čela čepů, šrouby pojistit stehováním, zkontrolovat vyváženost, jinak pokračovat operaci číslo čtyři.		
004	Na soustruhu SU 90 A pomocí přídavného brousícího zařízení brousit povrch válce Ø270 mm s drsností Ra 0,8 a tolerovaný Ø čepů 130k6.	brusný pás 75 x 2000 FL 266 korund zrno 40	$v_c = 40 \text{ m.s}^{-1}$ $f_{ot} = 0,3 \text{ mm.ot}^{-1}$

## 3.4 POPIS VÝROBY VYVAŽOVACÍCH SEGMENTŮ

Vypracoval: Ondřej Vortel		Technologický postup: výroba vyvažovacích segmentů	
Č. operace	Operace	Nástroj	Řezné parametry
001	Z plechu P40 vodním paprskem řezat mezikruží Ø 203 mm / Ø 100 mm.	vodní paprsek	tlak = 385 MPa výtokový průměr trysky = 1,5mm
002	Na soustruhu SU 50 A upnout za vnitřní Ø 100 mm a srazit vnější hranu 6x45°.	vnější nůž	$v_c = 80 \text{ m.min}^{-1}$ $f_{ot} = 0,4 \text{ mm.ot}^{-1}$
003	Na frézce z mezikruží řezat segmenty, velikost dle potřebného vyvážení, odjehlit otřepy.	kotoučová fréza	$f_z = 0,1 \text{ mm.zub}^{-1}$ $v_c = 10 \text{ m.min}^{-1}$
004	Na vrtačce vrtat dva otvory Ø 14 mm, do čela čepu vrtat otvor Ø 10,2 mm, následně řezat závit M12.	vrták Ø14mm	$v_c = 25 \text{ m.min}^{-1}$ $f_{ot} = 0,2 \text{ mm.ot}^{-1}$
		vrták Ø10,2mm	$v_c = 25 \text{ m.min}^{-1}$ $f_{ot} = 0,2 \text{ mm.ot}^{-1}$
		závitník M12	$v_c = 4 \text{ m.min}^{-1}$ $f_{ot} = 1,75 \text{ mm.ot}^{-1}$
005	Po přišroubování závaží pojistit šrouby proti povolení stehováním.		

## 4. NÁVRH VHODNÝCH ŘEZNÝCH PARAMETRŮ A STROJŮ

V této kapitole budou navrženy potřebné stroje a nástroje pro výrobu dané součásti s ohledem na technické vybavení firmy HAJDO spol. s r. o. a současně i stroje použité při kooperačních pracích.

### 4.1 OBRÁBĚNÝ MATERIÁL

**Materiál 11 523** – nelegovaná konstrukční jemnozrnná ocel vhodná ke svařování.

Použití: mostní a jiné svařované konstrukce, ohýbané profily, svařované konstrukce z dutých profilů a součástí strojů, součásti tepelných energetických zařízení a součásti tlakových nádob vyrobených z tyčí.

**Tab. 4.1 Chemické složení materiálu 11 523.**

Materiál	Chemické složení [%]					
	C	Mn	Si	P	S	N
Ocel 11 523	max.	max.	max.	max.	max.	max.
	0,2	1,6	0,55	0,04	0,04	0,009

**Tab. 4.2 Mechanické vlastnosti materiálu 11 523.**

Materiál	Mez pevnosti Rm [MPa]	Mez kluzu Re [MPa]	Tvrдость HB	Tažnost A <sub>5</sub> [%]
Ocel 11 523	450 až 630	275 až 355	max. 274	17 až 22

### 4.2 POUŽITÉ STROJE A NÁSTROJE

Důležitým faktorem při volbě vhodných strojů bylo technické vybavení firmy HAJDO spol. s r.o. Stroje byly voleny tak, aby se co největší procento práce vykonalo ve vlastní firmě a kooperace bylo využito až jako další možnost.



#### 4.2.1 Soustruhy

##### *Soustruh SU 90 A*

Pro soustružení povrchu, čel a osazení válce byl zvolen univerzální hrotový soustruh SU 90 A, který má pro obrábění takto rozměrné součásti dostatečnou tuhost. Na tomto stroji se mohou vykonávat všechny běžné soustružnické operace.

**Tabulka 4.3 Základní technické parametry soustruhu SU 90 A.**

Oběžný Ø nad ložem [mm]	900
Oběžný Ø nad suportem [mm]	590
Vzdálenost hrotů [mm]	5000



**Obr. 4.1 Soustruh SU 90 A.**

Na soustruhu SU 90 A se provádí i broušení povrchu válce na požadovanou drsnost Ra 0,8 a tolerovaného průměru čepů 130k6, pomocí přídavného zařízení na broušení válců, které se upevní na suport ze zadní strany stroje. Pro dosažení drsnosti Ra 0,8 se použije brusný pás 75 x 2000 FL 266 korund zrno 40.



Obr. 4.2 Přídavné zařízení na broušení válců.

### ***Soustruh SU 50 A***

Pro soustružení čepu byl zvolen univerzální hrotový soustruh SU 50 A, který je vhodný pro výrobu méně rozměrných součástí. Soustruh je dále vybaven digitálním odměřováním.

**Tabulka 4.4 Základní technické parametry soustruhu SU 50 A.**

Oběžný Ø nad ložem [mm]	500
Oběžný Ø nad suportem [mm]	250
Vzdálenost hrotů [mm]	1500

### ***Speciální jednoúčelový obráběcí stroj (JUVS)***

Pro soustružení vnitřního průměru válce byl zvolen speciální jednoúčelový obráběcí stroj (JUVS) s použitím hlavy pro soustružení vnitřních průměrů.

**Tabulka 4.5 Základní technické parametry jednoúčelového obráběcího stroje (JUVS).**

Rozsah soustruženého vnitřního průměru [mm]	108 až 360
Maximální délka součásti [mm]	6200



Obr. 4.3 Hlava pro soustružení vnitřních průměrů.

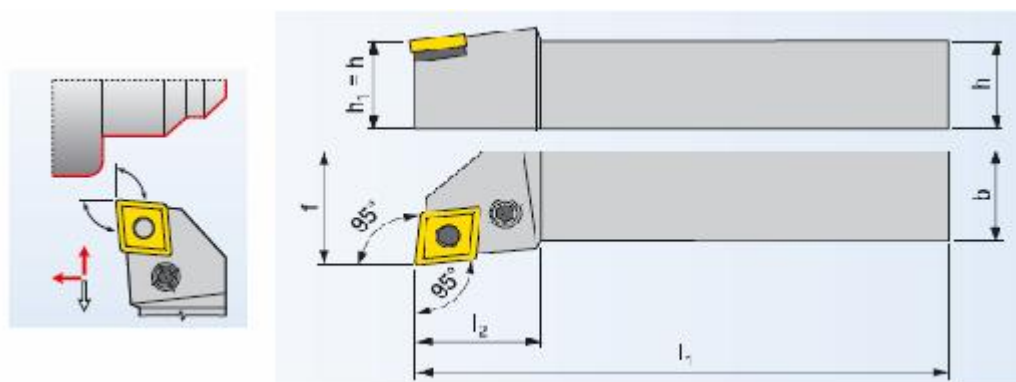
#### 4.2.2 Používané soustružnické nože a břitové destičky

Nástroje a řezné podmínky byly voleny po konzultaci s kvalifikovanou obsluhou strojů. Při volbě se přihlíží na tuhost stroje, požadovanou přesnost výroby, druh obráběného materiálu apod., proto není využito maximálních řezných rychlostí břitových destiček. Jako řezné nástroje jsou použity soustružnické nože s vyměnitelnými břitovými destičkami z SK, které jsou povlakované (materiál povlaku 6640). Tyto nástroje dodává firma PRAMET Tools s. r. o., z jejíhož katalogu jsou níže uvedené nástroje vybrány.

#### *Vnější soustružnický nůž pro hrubování a obrábění načisto*

Typ nástroje: ISO PCLNR 2525 M 12 (ISO P)

Schéma:

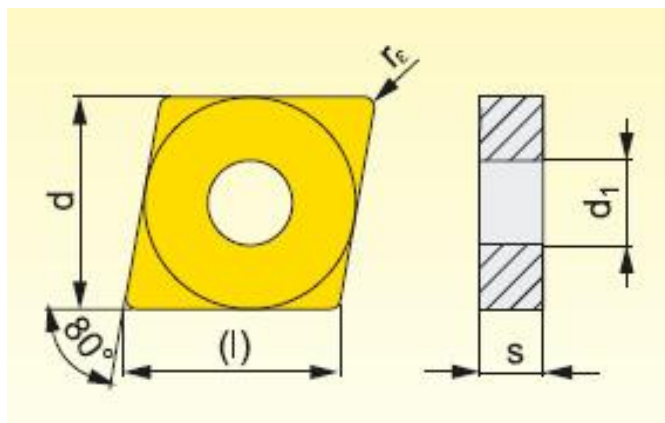


Parametry:

$h=h_1$ (mm)	$b$ (mm)	$f$ (mm)	$l_1$ (mm)	$l_{2max}$ (mm)	Poznámka
25	25	32	150	36	pravý

**Břítová destička pro hrubování: ISO CNMG 120408E – M**

Schéma:



Parametry břítové destičky:

l (mm)	d (mm)	s (mm)	d <sub>1</sub> (mm)	r (mm)
12,9	12,7	4,76	5,16	0,8

**Břítová destička pro soustružení načisto: CNMG 120404E-F**

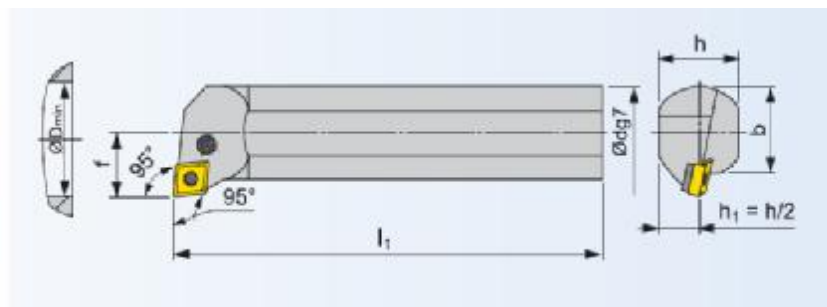
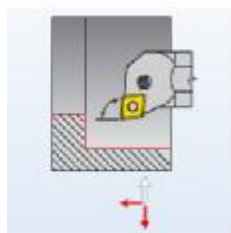
Parametry břítové destičky:

l (mm)	d (mm)	s (mm)	d <sub>1</sub> (mm)	r (mm)
12,9	12,7	4,76	5,16	0,4

**Řezné podmínky:**Řezná rychlost pro hrubování  $v_c = 80 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$ Posuv na otáčku pro hrubování  $f_{ot} = 0,4 \text{ mm} \cdot \text{ot}^{-1}$ Řezná rychlost pro soustružení načisto  $v_c = 120 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$ Posuv na otáčku pro soustružení načisto  $f_{ot} = 0,15 \text{ mm} \cdot \text{ot}^{-1}$ **Vnitřní soustružnický nůž pro hrubování a obrábění načisto**

Typ nástroje: ISO A40T – PCLNR 12 (ISO P)

Schéma:

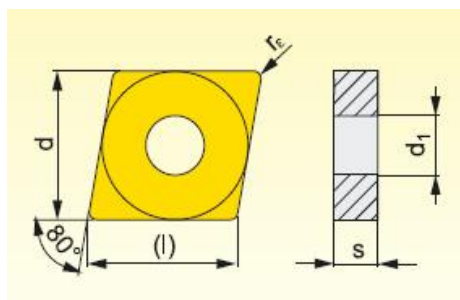


Parametry:

dg7 (mm)	f (mm)	$l_1$ (mm)	h (mm)	b (mm)	$D_{min}$ (mm)	Poznámka
40	27	300	38	38	50	pravý

**Břítová destička pro hrubování:** ISO CNMG 120408E – M

Schéma:



Parametry břítové destičky:

$l$ (mm)	$d$ (mm)	$s$ (mm)	$d_1$ (mm)	$r$ (mm)
12,9	12,7	4,76	5,16	0,8

**Břítová destička pro soustružení načisto:** CNMG 120404E-F

Parametry břítové destičky:

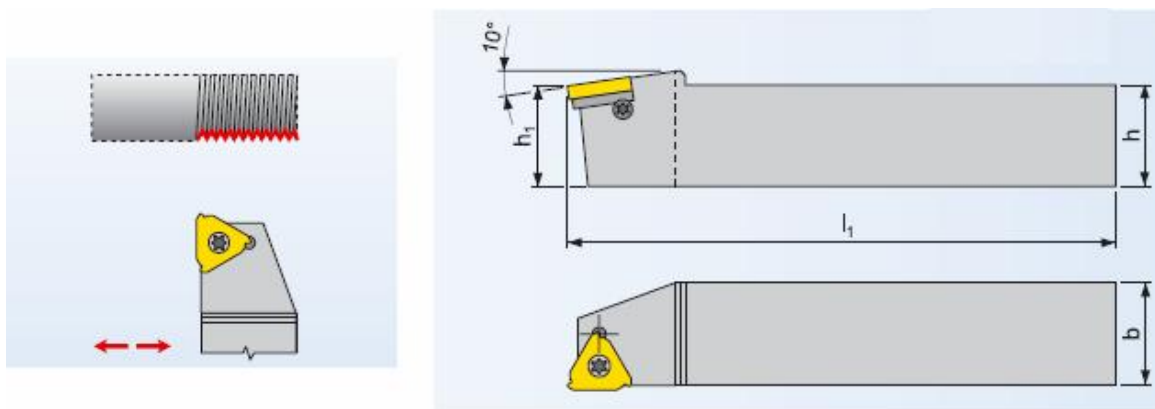
$l$ (mm)	$d$ (mm)	$s$ (mm)	$d_1$ (mm)	$r$ (mm)
12,9	12,7	4,76	5,16	0,4

**Řezné podmínky:**Řezná rychlost pro hrubování  $v_c = 70 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$ Posuv na otáčku pro hrubování  $f_{ot} = 0,3 \text{ mm} \cdot \text{ot}^{-1}$ Řezná rychlost pro soustružení načisto  $v_c = 110 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$ Posuv na otáčku pro soustružení načisto  $f_{ot} = 0,2 \text{ mm} \cdot \text{ot}^{-1}$

**Závitový nůž na zhotovení závitu M130x2:**

Typ nástroje: ISO SER 2525 M 16

Schéma:

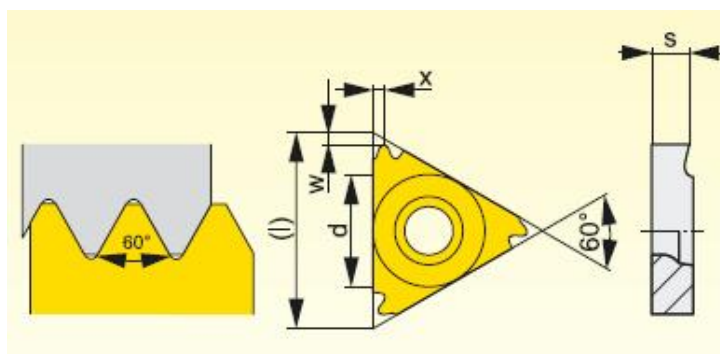


Parametry:

$h=h_1$ (mm)	$b$ (mm)	$l_1$ (mm)	poznámka
40	27	300	pravý

**Břítová destička: ISO TN 16ER200M**

Schéma:



Parametry břítové destičky:

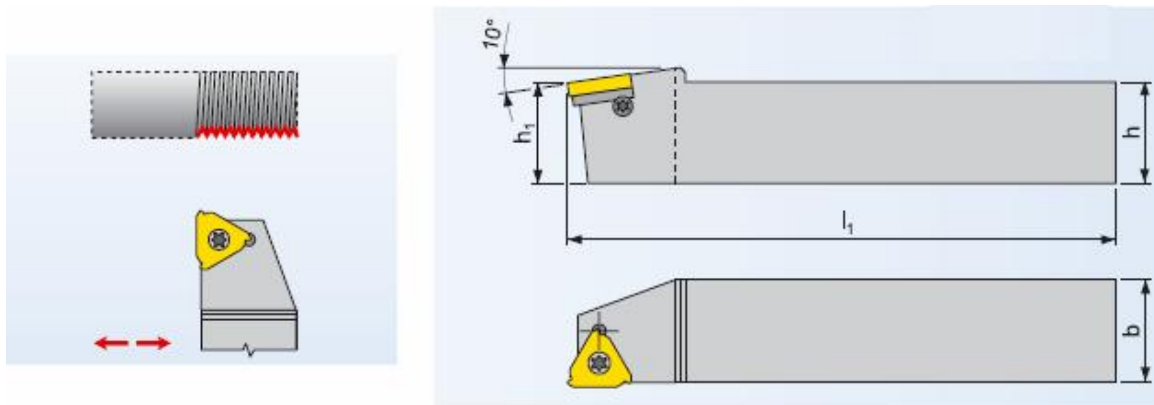
$l$ (mm)	$d$ (mm)	$s$ (mm)	$x$ (mm)	$w$ (mm)	stoupání
16,5	9,525	3,47	1,4	1,3	2

**Řezné podmínky:**Řezná rychlost  $v_c = 110 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$

**Nůž na zhotovení zápichu hloubky 3,5mm:**

Typ nástroje: ISO SER 2525 M 22–A

Schéma:

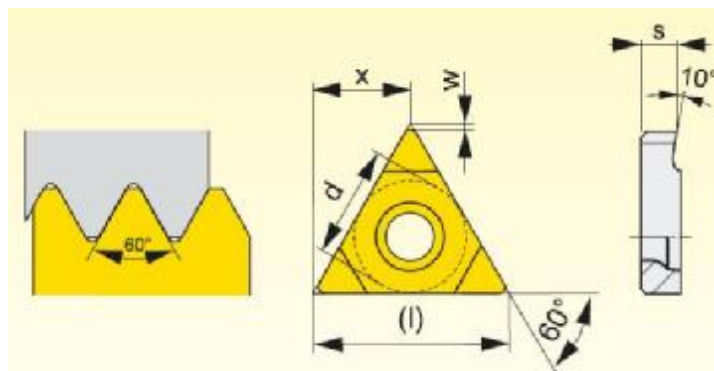


Parametry:

$h=h_1$ (mm)	$b$ (mm)	$l_1$ (mm)	poznámka
40	27	300	pravý

**Břitová destička: ISO TN 22EN550-800M**

Schéma:



Parametry břitové destičky:

$l$ (mm)	$d$ (mm)	$s$ (mm)	$x$ (mm)	$w$ (mm)	stoupání
22	12,7	4,6	11	1,25	5,5-8

**Řezné podmínky:**Řezná rychlost  $v_c = 110 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$

### 4.2.3 Horizontální vyvrtávačky

#### *CNC horizontální vyvrtávačka FCW 150*

Pro vrtání 5300 otvorů byla navržena CNC horizontální vyvrtávačka FCW 150, která není ve strojním vybavení podniku, tudíž se tato operace provede v kooperaci ve firmě Papcel, a. s. Litovel, který o stroji poskytl tyto informace.

CNC horizontální vyvrtávačka FCW 150 je univerzální stroj, na kterém je možno provádět frézovací, vrtací nebo vyvrtávací operace. Mezi výhody stroje patří vysoká přesnost a až pětinasobná rychlost obrábění. Stroj je řízen numericky a pro zajištění jeho základních funkcí je použit NC systém Siemens SINUMERIK 840 D. Pro komunikaci se systémem Siemens SINUMERIK 840 D je použit CAD/CAM systém CIMATRON, ve kterém lze provádět 2D/3D projektování a konstruování s možností vytváření přidružené výkresové dokumentace a generování NC programů. Dále je stroj vybaven elektronickým dělícím přístrojem, který řídí vlastní počítač. To umožňuje otáčení vrtaného válce a současné pojiždění vrtacího vřetene, čímž vznikají šroubovice vyvrtané v plášti válce.

**Tabulka 4.6 Základní technické parametry horizontální vyvrtávačky FCW 150. [10]**

<b>Velikosti pojezdu:</b>	
Osa X - stojan po loži [mm]	8000
Osa Y – vřeteník po stojanu [mm]	3000
Osa W – výsuv vrtacího vřetena [mm]	800
Osa Z – výsuv smykadla [mm]	900
Osa W+Ž – výsuv vřetena a smykadla [mm]	1700
<b>Vřeteník:</b>	
Průměr vrtacího vřetena [mm]	150
Středící průměr na frézovacím vřetenu [mm]	221, 45 h5
Upínací kužel pro nástroje	ISO 50
Otáčky vřetena plynule regulovatelné ve dvou mech.	10 – 3 000
Pohon vřetena [kW]	40
Max. moment na vřetenu stroje [Nm]	2200
Průřez smykadla [mm]	360 x 400
<b>Rychlosti posuvů:</b>	
Osa X [mm/min]	1 – 20 000
Osa Y [mm/min]	1 – 20 000
Osa Z a W [mm/min]	1 – 10 000





Obr. 4.4 Horizontální vyvrtávačka FCW 150.



Obr. 4.5 Ovládací panel.

### *Horizontální vyvrtávačka W 13A*

Stroj byl vybrán pro zhotovení závitů v čele válce. Hlavním důvodem jsou velké rozměry součásti, pro které je velikost stolu vyvrtávačky (2000x2000 mm) vyhovující.



Obr. 4.6 Horizontální vyvrtávačka W 13A.

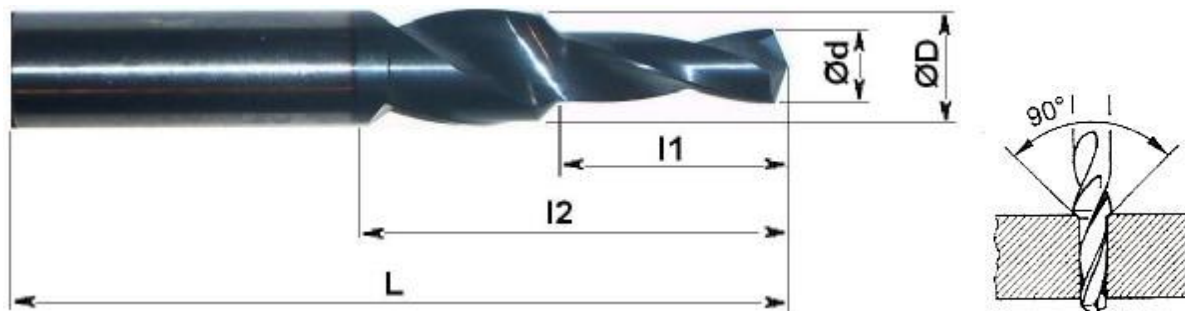


Obr. 4.7 Ovládací panel.

### **4.2.4 Používané nástroje při zhotovování otvorů a závitů**

#### *Vrták použitý k vrtání otvorů v plášti válce*

Pro vrtání 5300 otvorů Ø 8 mm s kuželovým zahlabením Ø 12 mm byl navržen odstupňovaný šroubovitý vrták s válcovou stopkou od výrobce PLANIČKA s. r. o., který je vyroben práškovou metalurgií z vysoce výkonné oceli s povlakem TiAlN. Vrták umožňuje rychlé zhotovení požadovaného otvoru bez použití dalších nástrojů.



Obr. 4.8 Odstupňovaný šroubovitý vrták.

**Základní parametry vrtáku:**

$\text{ØD} = 12 \text{ mm}$ ,  $\text{Ød} = 8 \text{ mm}$ ,  $l_1 = 24 \text{ mm}$ ,  $l_2 = 45 \text{ mm}$ ,  $L = 80 \text{ mm}$

**Řezné podmínky:**

Řezná rychlost  $v_c = 65 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$

Posuv na otáčku  $f_{ot} = 0,2 \text{ mm} \cdot \text{ot}^{-1}$

**Nástroje použité ke zhotovení závitů M8 v čele válce:**

Šroubovitý vrták  $\text{Ø } 6,7 \text{ mm}$  HSS/E DIN 338 Typ N

Obr. 4.9 Šroubovitý vrták  $\text{Ø } 6,7 \text{ mm}$ .**Řezné podmínky:**

Řezná rychlost  $v_c = 20 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$

Posuv na otáčku  $f_{ot} = 0,2 \text{ mm} \cdot \text{ot}^{-1}$

Závitník M8 HSS/E DIN 371 stoupání 1,25



Obr. 4.10 Závitník M8.

**Řezné podmínky:**

Řezná rychlost  $v_c = 4 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$

Posuv na otáčku  $f_{ot} = 1,25 \text{ mm} \cdot \text{ot}^{-1}$

*Nástroje použité na zhotovení otvorů průměru 9 mm a zahloubení průměru 15 mm v čepu:*

Šroubovitý vrták Ø 9mm HSS/E DIN 338 Typ N

**Řezné podmínky:**

Řezná rychlost  $v_c = 25 \text{ m.min}^{-1}$

Posuv na otáčku  $f_{ot} = 0,2 \text{ mm.ot}^{-1}$

Plochý záhlubník Ø 15mm HSS DIN 373



Obr. 4.11 Plochý záhlubník Ø 15 mm.

**Řezné podmínky:**

Řezná rychlost  $v_c = 15 \text{ m.min}^{-1}$

Posuv na otáčku  $f_{ot} = 0,1 \text{ mm.ot}^{-1}$

*Nástroje použité ke zhotovení závitů M12 v čepu:*

Šroubovitý vrták Ø 10,2mm HSS/E DIN 338 Typ N

**Řezné podmínky:**

Řezná rychlost  $v_c = 25 \text{ m.min}^{-1}$

Posuv na otáčku  $f_{ot} = 0,2 \text{ mm.ot}^{-1}$

Závitník M12 HSS/E DIN 376 stoupání 1,75

**Řezné podmínky:**

Řezná rychlost  $v_c = 4 \text{ m.min}^{-1}$

Posuv na otáčku  $f_{ot} = 1,75 \text{ mm.ot}^{-1}$

## 5. TECHNICKO-EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ

Při výpočtu nákladů na zhotovení jednoho kusu součásti je za důležité kritérium považována cenová sazba jednotlivých operací a z nich plynoucí náklady na výrobu jednoho kusu součásti. Dalším důležitým kritériem jsou výrobní časy, které jsou určeny na základě normativů. Do nákladů není zahrnuta cena materiálu, kterou firma z obchodních důvodů nesdělila. U operací probíhajících v kooperaci není uvedena hodinová reže ani pracovní čas, ale až konečná cena za vykonanou práci.

**Tab. 5.1 Výrobní náklady na zhotovení jednoho válce.**

Jednotlivé práce	Hodinová reže [Kč]	Pracovní časy [min]	Cena práce [Kč]
Pásová pila - řezání	450	40	300
Rýsovací deska -proměření	350	45	263
SU 90 A – povrch a čela trubky	500	310	2583
JUVS – vnitřní plocha trubky	800	240	3200
Kontrola dynamického vyvážení	800	95	1266
FCW 150 – vrtání otvorů	kooperace		24000
Honování vnitřního průměru	kooperace		10500
SU 90 A – osazení	500	130	1083
Zámečnick – Kontrola otvorů	350	960	5600
W 13A – otvory, závity	600	160	1600
<b>Celkem</b>	<b>x</b>	<b>1980</b>	<b>50395</b>

Celkové náklady na výrobu válce činí **50395 Kč**.

Čas potřebný na výrobu válce činí **1980 minut** (bez kooperačních prací).

**Tab. 5.2 Výrobní náklady na zhotovení jednoho čepu.**

Jednotlivé práce	Hodinová reže [Kč]	Pracovní časy [min]	Cena práce [Kč]
Pásová pila - řezání	450	55	412
SU 50 A – soustružení čepu	500	185	1542
W 13A – otvory, závity	600	125	1250
<b>Celkem</b>	<b>x</b>	<b>365</b>	<b>3204</b>

Celkové náklady na výrobu čepu činí: **3204 Kč**.

Čas potřebný na výrobu čepu činí **365 minut**.

**Tab. 5.3 Výrobní náklady na montáž válce s čepy a následné broušení.**

Jednotlivé práce	Hodinová režie [Kč]	Pracovní časy [min]	Cena práce [Kč]
Zámečnick – přišroubování čepů	350	40	233
Kontrola dynamického vyvážení	800	95	1266
SU 90 A – broušení	600	380	3800
<b>Celkem</b>	x	<b>515</b>	<b>5299</b>

Celkové náklady na montáž válce s čepy a následné broušení činí **5299 Kč**.

Čas potřebný na montáž válce s čepy a následné broušení činí **515 minut**.

**Tab. 5.4 Výrobní náklady na zhotovení dvou vyvažovacích segmentů.**

Jednotlivé práce	Hodinová režie [Kč]	Pracovní časy [min]	Cena práce [Kč]
Vodní paprsek – řezání mezikruží	800	105	1400
SU 50 A – sražení hrany	500	30	250
Frézka – řezání mezikruží	600	40	400
Vrtačka – otvory pro upevnění	400	160	1067
Zámečnick - Připevnění vyvaž. segmentů	350	140	817
<b>Celkem</b>	x	<b>475</b>	<b>3934</b>

Celkové náklady na výrobu a montáž dvou vyvažovacích segmentů činí **3934 Kč**.

Čas potřebný na výrobu a montáž dvou vyvažovacích segmentů činí **475 minut**.

Z výše uvedených údajů lze určit, že zhotovení jednoho válce opatřeného dvěma vyrobenými čepy a jejich následná montáž by stála **62102 Kč**. V případě, kdy nevyvážení válce přesáhne danou toleranci a bude potřebné následné vyvážení válce pomocí vyvažovacích segmentů, které jsou zapotřebí vždy dva, vzroste cena válce na **66036 Kč**.

Co se týče časové náročnosti, je čas potřebný k výrobě jednoho válce, dvou čepů a jejich následné montáži **3225 minut** (53 hodin a 45 minut). V případě, kdy nevyvážení profukovacího válce přesáhne danou toleranci a bude potřebné následné vyvážení pomocí vyvažovacích segmentů, vzroste výrobní čas na **3700 minut** (61 hodin a 40 minut). Do tohoto času není započtena doba trvání výrobních operací, probíhajících v kooperaci a které nejsou přesně určeny. Lze ale předpokládat že vzhledem k zdlouhavosti těchto operací se jejich celkové trvání bude pohybovat kolem 28 hodin. Tento čas musí být do výsledného výrobního času také přičten.

## 6. ZÁVĚR

Cílem této bakalářské práce bylo vytvoření návrhu technologického postupu výroby speciálních profukovacích válců, které jsou součástí sušící části papírenského stroje, pro firmu HAJDO spol. s r.o.

Při řešení daného problému byl nejprve zjištěn stav strojního vybavení firmy, od něhož se návrh postupu odvíjel. Následně byl navržen samotný technologický postup výroby a vhodné obráběcí stroje a nástroje s řeznými parametry pro jednotlivé výrobní operace součástí. Výroba jednotlivých dílů a jejich montáž proběhla bez větších problémů a lze tedy konstatovat, že navržená technologie výroby profukovacího válce je tedy plně použitelná pro další výrobu.

V technicko-ekonomickém zhodnocení jsou uvedeny náklady na výrobu jednotlivých dílů až po konečnou montáž profukovacího válce. Dále je zaznamenána časová náročnost těchto operací, která je také důležitým kritériem při plánování další výroby. Na závěr lze tedy říci, že cena výroby válce je 50395 Kč, čas výroby i se započteným časem výrobních operací probíhajících v kooperaci je 61 hodin. Cena výroby čepu je 3204 Kč s časem výroby 6 hodin 5 minut. Cena montáže válce s čepem a následného broušení je 5299 Kč a bude trvat 8 hodin 35 minut. Celková cena výroby profukovacího válce se dvěma čepem činí **62102 Kč** a jeho výroba bude trvat **81 hodin 45 minut**. V případě kdy bude potřebné následné vyvážení válce pomocí vyvažovacích segmentů, které jsou zapotřebí vždy dva, vzroste cena profukovacího válce na **66036 Kč** a jeho výroby bude trvat **89 hodin a 40 minut**.

## 7. POUŽITÁ LITERATURA

- [1] MRKVICA, Miloš. *Přípravky a obráběcí nástroje: Řezné nástroje – 1.díl*. Ostrava: VŠB - TU Ostrava, 2001. 188 s. ISBN 80-7078-941-7.
- [2] ČEP, Robert. *Technologie II – 2. díl*. Ostrava: VŠB-TU Ostrava, 2008. 142 s. ISBN 978-80-248-1822-1.
- [3] MRKVICA, Ivan. *Návody ke cvičení z obráběcích nástrojů – 1.část*. Ostrava: VŠB-TU Ostrava, 2008. 142 s. ISBN 978-80-248-1053-9.
- [4] KOCMAN, Karel, PROKOP, Jaroslav. *Výrobní technologie II: Obrábění*. Brno: VUT Brno, 2002. 83 s. ISBN 80-214-2189-4.
- [5] BILÍK, Oldřich. *Obrábění I – 1. díl*. Ostrava: FS VŠB-TU Ostrava, 2001. 136 s. ISBN 80-7078-811-9.
- [6] Katalog firmy Pramet Tools, s. r. o.: Soustružení 2009
- [7] HUMÁR, Anton. *Technologie I: Technologie obrábění – 1. část*. Studijní opory pro magisterskou formu studia. Brno: VUT Brno, 2003. 138 s.
- [8] HUMÁR, Anton. *Technologie I: Technologie obrábění – 2. část*. Studijní opory pro magisterskou formu studia. Brno: VUT Brno, 2004. 95 s.
- [9] MORYS, Emil, DRAHOŇOVSKÝ, Alois. *Výroba papíru: pro 3. ročník středních odborných učilišť*. Praha: SNTL-Nakladatelství technické literatury Praha, 1985. 264 s.
- [10] *CNC HORIZONTÁLNÍ A VYVRTÁVACÍ STROJ ŠKODA, typ FCW 150 : Složení pracoviště a technické parametry*. Litovel : PAPCEL, a.s., 2003. 21 s.
- [11] Hajdo s.r.o. Litovel [online]. [citováno 18. dubna 2009].  
Dostupné na URL: <<http://www.hajdo.cz/>>



## **8. PŘÍLOHY**

**Příloha č.1** Výkresová dokumentace profukovacího válce

**Poděkování**

Závěrem bych chtěl poděkovat konzultantovi mé bakalářské práce panu Josefu Chmelařovi za cenné rady a poskytnuté informace, které mi v průběhu zpracování práce poskytl. Dále bych chtěl poděkovat firmě HAJDO spol. s. r. o. za možnost zpracování bakalářské práce.

A v neposlední řadě také vedoucímu diplomové práce Ing. Robertu Čepovi, Ph.D. za poskytnuté rady při zpracovávání bakalářské práce.